

**BICYCLE ERGOMETER HAVING METHOD FOR ESTIMATING STAMINA**

Patent Number: JP9168608  
Publication date: 1997-06-30  
Inventor(s): IWATA MOTOTAKA; SHIMANA KOUJI  
Applicant(s):: MIZUNO CORP  
Requested Patent: JP9168608  
Application Number: JP19950328784 19951218  
Priority Number(s):  
IPC Classification: A63B22/06 ; A63B24/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make a load fluctuate at random by using a bicycle ergometer and to estimate stamina from the response characteristics of a heart rate to the load.  
**SOLUTION:** When a testee pedals the pedals 21 of this bicycle ergometer 20, an electromagentic brake 23 is controlled by a load current controller 8, the load is made to fluctuate at random and the change of the heart rate to the change of the load detected in a pulse sensor 9 is measured in a CPU 2. By calculating the difference of a phase and the ratio of the gain of a specified frequency obtained by performing the Fourier series extension of the result, the stamina of the testee 30 is estimated.

---

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-168608

(43) 公開日 平成9年(1997)6月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

A 6 3 B 22/06  
24/00

識別記号

庁内整理番号

F I

A 6 3 B 22/06  
24/00

技術表示箇所

J

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-328784

(22) 出願日 平成7年(1995)12月18日

(71) 出願人 000005935

美津濃株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目1番23号

(72) 発明者 岩田 元孝

大阪府大阪市住之江区南港北1丁目12番35号 美津濃株式会社内

(72) 発明者 島名 幸次

大阪府大阪市住之江区南港北1丁目12番35号 美津濃株式会社内

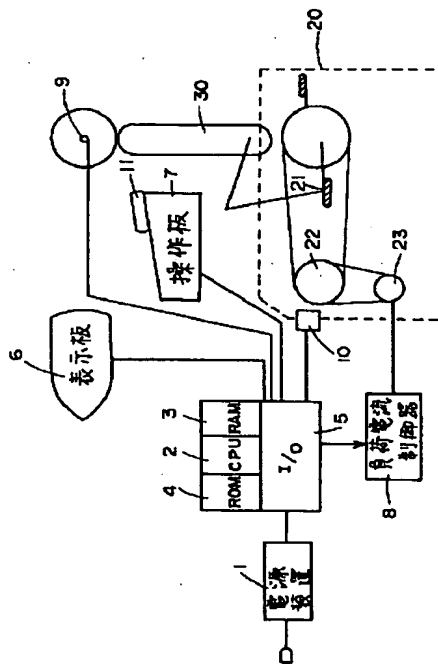
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータ

(57) 【要約】

【課題】 自転車エルゴメータを用いて負荷をランダムに変動させ、その負荷に対する心拍数の応答特性から持久力を推定できるような自転車エルゴメータを提供する。

【解決手段】 被験者30が自転車エルゴメータ20のペダル21を漕ぐとき、負荷電流制御器8によって電磁ブレーキ23を制御し、ランダムに負荷を変動させ、脈搏センサ9で検出された負荷の変化に対する心拍数の変化をCPU2で計測し、その結果をフーリエ級数展開して求めた特定周波数のゲインの比と位相の差を算出することによって被験者30の持久力を推定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被験者の持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータであって、

前記被験者にランダムに変動する負荷を与える負荷付与手段、

前記被験者の心拍数を検出する心拍数検出手段、および前記心拍数検出手段の検出結果に基づいて、前記ランダムな負荷の変化に対する心拍数の変化を計測し、その結果をフーリエ級数展開して求めた特定周波数のゲインの比と位相の差を算出することによって持久力を推定する持久力推定手段を備えた、持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータ。

【請求項2】 前記負荷付与手段は、時間的にランダムに変動する負荷を与えることを特徴とする、請求項1の持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータ。

【請求項3】 前記負荷付与手段は、所定の時間内に相対的に高い負荷と相対的に低い負荷を交互に与えることを特徴とする、請求項1の持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータ。

【請求項4】 前記負荷付与手段は、前記所定の時間前にウォーミングアップのための負荷を与えることを特徴とする、請求項2の持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は持久力を推定する方法を有する自転車エルゴメータに関し、簡単にかつ短時間で被験者の持久力を推定できるような自転車エルゴメータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、持久力の指標として、一般的に最大酸素摂取量の測定が行なわれていた。具体的には、自転車エルゴメータやトレッドミル（ランニングマシン）を用い、負荷を徐々に上げていくことで被験者を最大運動状態に追い込み、そのときの呼気ガスを測定することによって、被験者の酸素摂取量の最大値を測定する方法が用いられている。

【0003】この方法は直接的な測定であるので、精度が高いという利点を有するが、呼気ガス量の測定や呼気ガス濃度の測定には高価で複雑な装置が必要であり、被験者を最大運動まで追い込むために危険性を有するという問題がある。また、この測定のために数人の測定者が必要であり、機械の調整やキャリブレーションを行なうことによって、時間がかかる作業となる。

【0004】また、被験者を最大運動まで追い込むのに数十分程度かかるため、全体として煩雑でかつ時間を要する方法となっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のごとく、従来の最大酸素摂取量を実測するような方法は、フィットネス

クラブなどにおいて多人数の持久力を測定するには、時間と人手が非常にかかるため、実施がほとんど不可能となっていた。

【0006】そこで、精度を犠牲にして、簡便に持久力を測定する方法として、自転車エルゴメータを用いて負荷を上昇させながら、10～15分程度の運動を被験者に課し、そのときの負荷と心拍数の関係から、被験者の年齢により推定した最大心拍数の75%の心拍数における仕事率を算出し、その大小によって持久力を評価する方法が提案されている。

【0007】しかしながら、この方法では、負荷を上昇させた後、その負荷ステージで脈搏が判定するまでに3～5分程度かかってしまう。また、負荷ステージ数を3段階設定しないと推定精度が落ちるため、トータルの測定時間は10～15分程度かかり、1時間の測定でも4～6人程度の測定しかできないこと、被験者によっては10～15分の運動でも負担に感じることで、また、負荷を順次高めていくため、3段階目にもなると負荷が大きくなってしまう場合がある。そのため、被験者によっては高負荷（150ワット）となり、かなり被験者に負担がかかることがあるという欠点を有していた。

【0008】それゆえに、この発明の主たる目的は、持久力のあるものほど負荷の変化に対する身体の応答が早いという原理を応用し、自転車エルゴメータを用いて負荷をランダムに変動させ、その負荷に対する心拍数の応答特性から持久力を推定し得る自転車エルゴメータを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、被験者にランダムに変動する負荷を与える負荷付与手段と、被験者の心拍数を検出する心拍数検出手段と、心拍数検出手段の検出結果に基づいて、ランダムな負荷の変化に対する心拍数の変化を計測し、その結果をフーリエ級数展開して求めた特定周波数のゲインの比と位相の差を算出することによって持久力を推定する持久力推定手段を備えて構成される。

【0010】したがって、この発明では、負荷をランダムに変動させ、その負荷に対する心拍数の応答特性から持久力を推定することができ、身体の応答のみを見ればよいから、短時間のランダム負荷に対して測定を行なえばよく、従来のように、ある負荷荷重に対して、脈搏値が安定するまで測定し続けるといった長時間の測定を必要としない。

【0011】請求項2に係る発明では、請求項1の負荷付与手段は、時間的にランダムに変動する負荷を与え、請求項3の負荷付与手段は、所定の時間内に相対的に高い負荷と相対的に低い負荷を交互に与え、請求項4に係る発明では、所定の時間前にウォーミングアップのための負荷を与える。

【0012】

【発明の実施の形態】図1はこの発明の一実施形態を示すブロック図である。図1において、電源装置1からCPU2とRAM3とROM4とI/O5とに電源が供給される。CPU2は全体の動作を制御し、RAM3は各種パラメータを記憶し、ROM4は持久力推定プログラムとともに、後述の図2に示すフローチャートに基づくプログラムを記憶している。I/O5には、表示板6と操作板7と負荷制御器8が接続されており、さらに脈搏センサ9の検出信号と回転検出センサ10の検出信号とがI/O5に与えられる。操作板7には入力キー11が設けられている。

【0013】自転車エルゴメータ20はペダル21と回転ギア22と電磁ブレーキ23とを含み、被験者30がペダル21を踏み込むことにより、運動を行なう。

【0014】図2はこの発明の一実施形態の動作を説明するためのフローチャートであり、図3は負荷の変動とそれに伴う心拍数の変化を示す図であり、図4は負荷の変動と心拍数の変化を拡大して示す図であり、図5はフーリエ級数展開を説明するための図であり、図6はフーリエ変換結果の一例を示す図であり、図7は位相と各被験者の最大酸素摂取量の関係を示す図であり、図8はゲインと各被験者の最大酸素摂取量の関係を示す図である。

【0015】次に、図1～図8を参照して、この発明の一実施形態の具体的な動作について説明する。まず、被験者30は表示板6に表示されている各項目（年齢、体重、性別など）について操作板7に設けている入力キー11から順次入力する。また、被験者30は脈搏検出センサ9を身体の所定の位置に取付ける。そして、操作板7のスタートボタンを押すことにより、CPU2は持久力推定の測定を開始する。このとき、CPU2はROM4に記憶している持久力推定プログラムを読み込む。次に、CPU2はプログラムの手順に従って、まず疑似不規則二値系列の中のM-系列に従い、負荷時間t

(秒)、最高負荷強度f1(ワット)、最低負荷強度f2(ワット)、f1またはf2の負荷レベルのいずれかをとり時間幅dt(秒)、負荷時間t内での時間幅dtの発生個数n(個)を決定する。これらの値は予め入力キー11から入力しておくかあるいはRAM3に記憶されている。このときのペダル回転数Rは一定とする。

【0016】この発明の一実施形態では、t=150(秒)、f1=100(ワット)、f2=40(ワット)、dt=10(秒)、n=15(個)と設定している。実際にはウォーミングアップを(f1+f2)/2の負荷で180秒運動を行なった後、測定を開始する。負荷時間tは150秒であるため、トータルの測定時間は330秒(=5.5分)となり、従来の測定時間よりも大幅に短くなる。

【0017】この発明の一実施形態における負荷の変動の様子を図3に示す。図3に示すように、2つの負荷

レベルf1、f2が負荷時間t内にn個発生している。これらのパラメータを決定した後、CPU2はI/O5を介して負荷電流制御器8によって負荷強度f1またはf2相当の電流を電磁ブレーキ23に発生させる。その結果、被験者30は自転車エルゴメータ20のペダル21を漕ぐときに、電磁ブレーキ23によって与えられる所定の負荷強度f1あるいはf2と負荷時間tとが与えられる。

【0018】その測定中、被験者30の脈搏は脈搏センサ9によって随時計測され、RAM3に心拍数の計測結果が記憶される。このとき、自転車エルゴメータ20の回転ギア22に取付けられている回転検出センサ10によって回転数が計測された後、CPU2は回転ギア比からペダル回転数、走行距離を演算し、表示板6に表示して被験者に示す。また、このとき計測中の心拍数の経時の変化も示してもよい。

【0019】被験者30から見れば、上述のようにある時間帯は相対的に高い負荷を、ある時間帯は相対的に低い負荷を受けることになる。また、図4に負荷の変化に対する心拍数の変化の模式図を示す。図3、図4から明かなように被験者30の心拍数は、本来ならf1の負荷に対し、h1まで達しなければならないが、心拍数の反応が遅く、h1に達する前に負荷の方がf1からf2まで低下するため、結局心拍数はh2までしか達しない。このことから、心拍数は実質的に負荷f2からf1への変化に対してゆっくりと反応し、結局時間(t2-t1)秒だけ遅れてしまう。すなわち、負荷の変化に対する心拍数の変化は、時間的に遅れ、かつその変化量も小さいと言える。

【0020】上述のようにして測定が終了すると、負荷変動に対する心拍数の変動の遅れ、および負荷変動の大きさに対する心拍数の変化量の大きさを算出するために、CPU2は計測した心拍数の変動データからフーリエ級数展開を行なう。

【0021】ここで、図5を参照して、フーリエ級数展開について説明する。図5(a)に示すようにある振動が発生しているとすると、この図5(a)ではある振動の集合が繰り返されているように見えるが、その詳細はわからない。図5(b)は(a)の拡大図であり、破線で示された2つの異なる振動(A sin ωtとA/2 sin ωt)の和で表わされることがわかる。一般に、任意の周期振動f(ωt)の場合、その振動は下記のような級数で表わされる。

【0022】
$$f(\omega t) = A_0 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + A_3 \cos 3\omega t + \dots + A_n \cos n\omega t + B_0 + B_1 \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t + B_3 \sin 3\omega t + \dots + B_n \sin n\omega t$$

上述のごとく、周期振動はある周波数ωの余弦波と正弦波の集合体とみなされる。さらに、通常の振動は、一見複雑ではあるが、いくつかのいろいろな大きさの周期信

10

20

30

40

50

号がいろいろ混ざり合ったと考えられる。しかし、上述のごとくある周期振動は周波数の余弦波、正弦波の集合体と考えられる。換言すれば、一般の振動  $f$  は、周波数  $f_1(\omega_1)$ 、 $f_2(\omega_2)$ 、 $\dots$ 、 $f_n(\omega_n)$  の余弦波、正弦波の集合体として表わされることになる。

【0023】 $f = f_1(\omega_1) + f_2(\omega_2) + \dots + f_n(\omega_n)$

CPU2は負荷変動(入力側)と心拍数変化(出力側)から上述のごとくしてフーリエ級数展開を行ない、各周波数での位相遅れ(出力と入力的时间差)とゲイン(出力/入力比)を算出する。その結果例を図6に示す。図6(a)はゲイン対周波数を示し、図6(b)は位相對周波数を示す。この図から明らかなように、位相は周波数が大きくなるとずれが大きくなり、またゲインは小さくなるのがわかる。

【0024】一方、実際の測定結果から、周波数0.04Hzのときの位相およびゲインと各被験者の最大酸素摂取量の関係を図7および図8に示す。この最大酸素摂取量は、従来の方法で述べた呼気ガスの分析結果によって得られたものである。このことより、位相およびゲインと最大酸素摂取量との関係はほぼ線形の関係が得られ、この回帰式が求められている。その結果、被験者30によって得られた周波数0.04Hzの位相およびゲインからこの回帰式によって最大酸素摂取量を推定することができ、その推定最大酸素摂取量を表示板6に表示する。

【0025】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、被験者にランダムに変動する負荷を与え、その負荷の変化に対する心拍数の変化を計測し、その結果をフーリエ級数展開して求めた特定周波数のゲインの比と位相の差を算出することによって持久力を推定するようにしたので、被験者には大きな負担をかけることなく、ウォーミングアップの時間を含めても、たとえば5分程度の短い時間の測定で持久性の指標である最大酸素摂取量を容易に推\*

\*定することが可能となる。そのため、各種健康施設や体育施設での持久力測定を短時間でかつ容易に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態のブロック図である。

【図2】この発明の一実施形態の動作を説明するためのフローチャートである。

【図3】負荷の変動とそれに伴う心拍数の変化を示す図である。

【図4】負荷の変動と心拍数の変化を拡大して示す図である。

【図5】フーリエ級数展開を説明するための図である。

【図6】フーリエ変換結果の一例を示す図である。

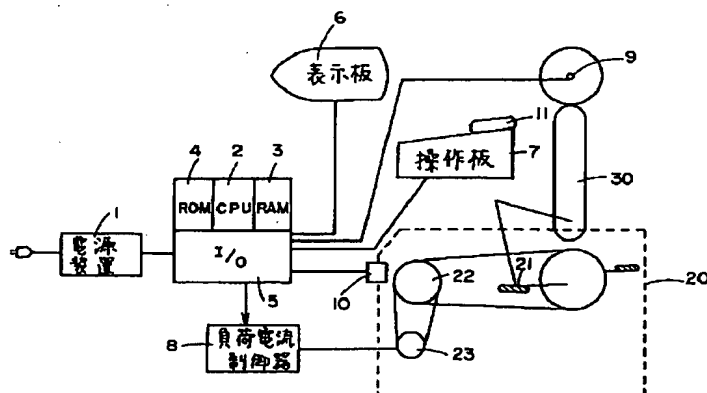
【図7】位相と各被験者の最大酸素摂取量の関係を示す図である。

【図8】ゲインと各被験者の最大酸素摂取量の関係を示す図である。

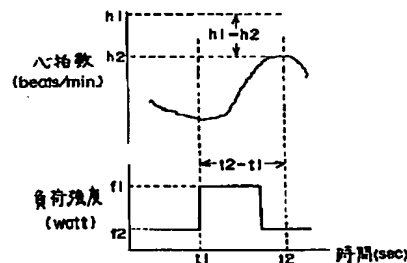
【符号の説明】

- 1 電源装置
- 2 CPU
- 3 RAM
- 4 ROM
- 5 I/O
- 6 表示板
- 7 操作板
- 8 負荷電力制御器
- 9 脈搏センサ
- 10 回転検出センサ
- 11 入力キー
- 20 自転車エルゴメータ
- 21 ペダル
- 22 回転ギア
- 23 電磁ブレーキ
- 30 被験者

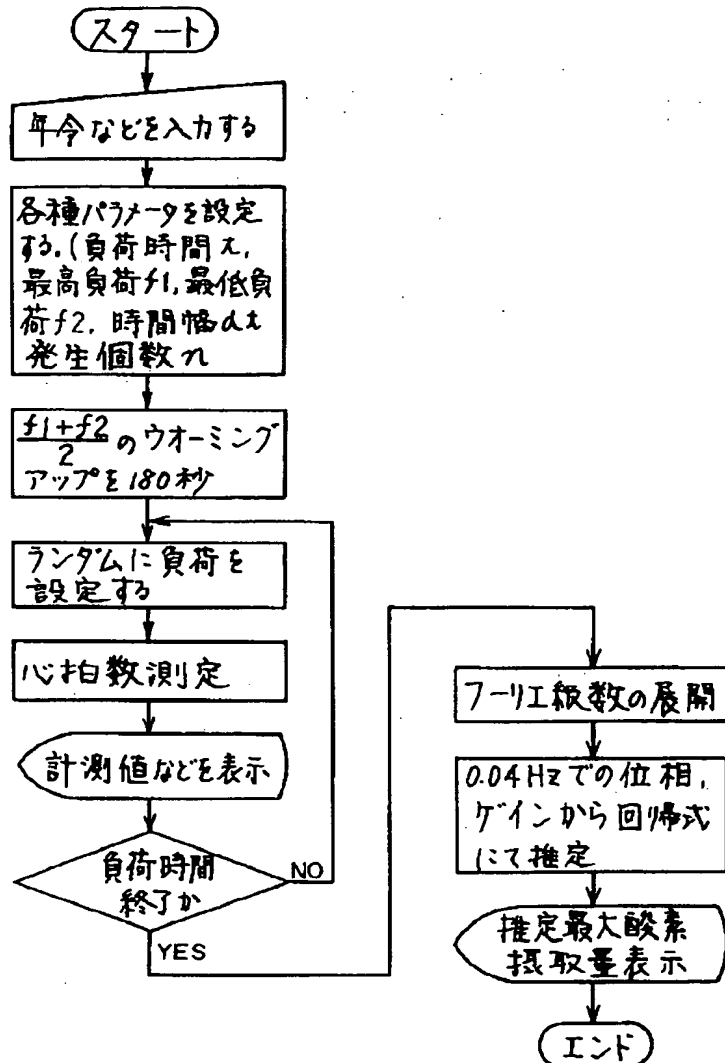
【図1】



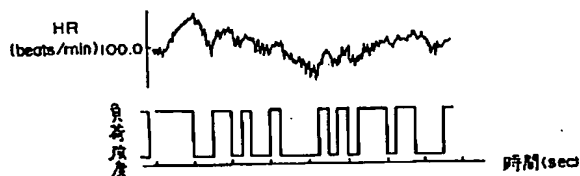
【図4】



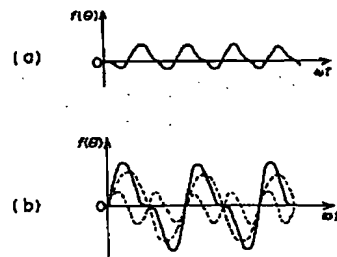
【図2】



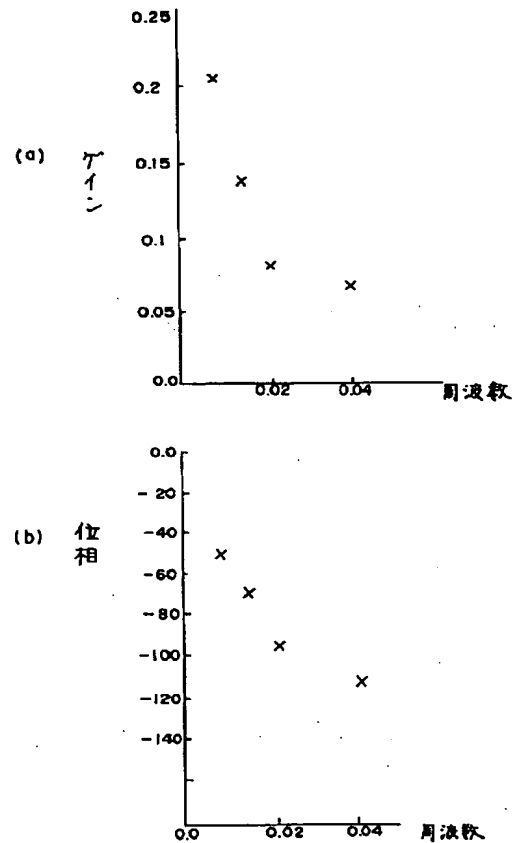
【図3】



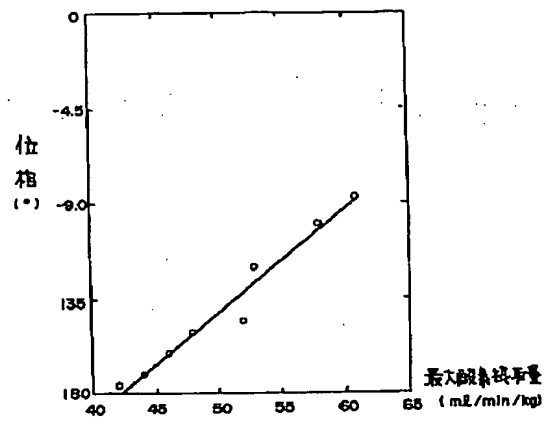
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

